

P' 波の焦線附近に於ける観測結果 特に振幅の配布と光學類似の現象に就て (概報)

森 田 稔

1. 緒言 昭和10年12月14日10時49分頃我國各地測候所の大部分で観測された地震があつた。記象は小さいものではあつたが、一種特別の恰好をなし、始まりの方を見ると週期の短い震動が続いて一見近地地震の如く見えるに拘らずS相と認むべき波動が一向に見當らない。更に各地より報告された發震時により地圖上に5秒或は10秒置きの等發震線を引いて見ると、夫等の間隔が普通日本近邊に起る地震に比べて法外に廣く、 10° の距離で發震時の差が僅に25秒といふ割合になる。更に興味あることは發震時の早い方に報告の缺けた所が數多あることである。これは全く普通の近地々震では説明の付かない點であつて、後程判明した様に此波が内核を通過した P_1' で、この邊は丁度内核の蔭に當る所であつたことが證されて始めて合點の行くことである。

斯の如く此地震は我國で観測の多いのに拘らず、初め其の本體が不明であつた。そこで各地観測所に依頼して記象紙の御送附を仰ぐ一方、外國の報告を待つて其の調査に努めた結果、此地震は南米アマゾン河上流域に發生した深發地震であること、及び其の P' 波の焦線が我國の中部を横斷してゐることが判明し、我國に於ける上述の如き観測結果の持つ意味が始めて明らかとなつた。

此地震は種々の興味ある事實を示したが、就中特に我々の深い注目に値するものは (1) 内核を通過せるS波の認められないこと及 (2) 焦線附近に於ける P' の振幅が或る特殊の配布をなしてゐることの二つである。本文は此地震に關する極めて概略の報告で、始め驗測結果より入り、後特に (2) の事項に就き主として事實の記述を行ひ、併せて若干の考察を加へ度いと思ふ。詳細は引續き精査の上發表の積りである。

2. P' 波に關する從來の諸研究 此際 P' に關する從來の諸研究に就き一通り述べて置く必要を感じる。筆者の知る限りに於て P' に關する調査研究は P, S

及夫等の反射波乃至は種々の表面波等に比し、其の數及程度に於て遙に遅れてゐる。蓋し、P,S 乃至表面波は一つの地震ある毎に殆ど必ず觀測され得るに反し、P' は其中相當大なる規模のものに於てのみ出現するものであつて、其の觀測の機會に乏しい爲めの當然の結果であらう。

筆者の調査せる限りに於ては P' に關する記載を主眼とした論文には僅に I. Lehmann ⁽¹⁾ のものがあるのみである。これは 1929 年 6 月 16 日ニュージーランドの地震に際し西歐で觀測された P' に就て詳細に記述したものであつて、走時の議論が重點をなしてゐる。P₁'、P₂' 共に明瞭に觀測されて居り、 $160^\circ < \Delta < 170^\circ$ の範圍にある觀測所 23 ヶ所の走時が水平、上下の各成分に分けて掲げてある。B. Gutenberg ⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾ は他の波と共に屢々 P' にも觸れてゐるが、其中最近 C. F. Richter と共に行つた走時の研究は一段深いものである。數個の地震を材料として、P₁' 及 P₂' の直接波のみならず、廻折波に就ても亦 H. Jeffreys, J.B. Macelwane ⁽⁶⁾⁽⁷⁾ 等の走時表と比較することによつて詳細な議論をなしてゐる。而して焦線及廻折波の生ずる機構にも一言觸れて居り、其の詳細な點に至つては未だ確信ある假説を提出し得ぬと述べてゐる。Gutenberg ⁽⁸⁾ の如く他の諸相の記載に交へて P' を取扱つたものには此他 Macelwane, G. Krumbach 及 A. Sieberg ⁽⁹⁾, Krumbach ⁽¹⁰⁾, C.G. Dahm ⁽¹¹⁾, Lehmann ⁽¹²⁾ 等の論文がある。此中初の三つは

- (1) I. Lehmann, P' as read from the Records of the Earthquake of June 16^h 1929. Gerl Beitr. z. Geophys. **26** (1930).
- (2) B. Gutenberg, Über Erdbebenwellen, VII A. Nachr. Ges. Wiss. Gött. Math. Phys. Kl. 1914.
- (3) B. Gutenberg, Abh. Senckenb. Naturforsch. Ges. XIV, 1. (1925).
- (4) B. Gutenberg, Handb. d. Geophys. 4, Lief. 1.
- (5) B. Gutenberg and C. F. Richter, On Seismic Waves (First Paper). Gerl. Beitr. z. Geophys. **43** (1935).
- (6) H. Jeffreys, Final Tables, Mimeographed (1933). Times given to 0.1 second.
- (7) J. B. Macelwane, A preliminary table of observed travel times of earthquake waves for distances between 10° and 180° applicable only to normal earthquakes. Saint Louis University, 1933 (mimeographed).
- (8) J. B. Macelwane, The South Pacific Earthquake of June 26, 1924. Gerl. Beitr. z. Geophys. **28** (1930).
- (9) G. Krumbach and A. Sieberg, Die wichtigsten Erdbeben des Jahres 1924 and ihre Bearbeitung. Veröff. Reichs. Erdb. in Jena, **11** (1929).
- (10) G. Krumbach, Die Ausbreitung von Erdbebenwellen in grossen Herdentfernungen bei dem Südseebeben vom 26. Juni 1924. *ibid.* **16a** (1934).
- (11) C. G. Dahm, Epicenter of the Hawke Bay (New Zealand) Earthquake and Travel-times of Condensational Waves. Bull. Seism. Soc. Amer. **23**, (1933). No. 4

共に 1924 年 6 月 26 日濠洲南方の南極海に起つた地震を取扱つたもので、何れも豊富なる記象例を掲載し、各相に涉つて詳細な調査を行つてゐる。就中 Macelwane のものは P' 及 S' を走時を主として綿密に検討し、Krumbach のものは更に之を再検討してゐる。Dahm のものは 1931 年 2 月 2 日 New Zealand に大被害を與へた Hawke Bay の地震の世界各地 113 ケ所に於ける記象を著者自身調査したもので P_n 及 P' の調査に力点を置き、 $110^\circ < \Delta < 180^\circ$ の範圍で 68 ケ所の走時の観測値が擧げられてゐて P' の走時の調査としては稀に見るものである。而も之等の観測値は $\Delta = 146^\circ$ で別れた P'_1, P'_2 二本の走時曲線の上に可成りよく載つてゐる。Lehmann のものは P' に関する點は上述の同嬢のものと大差ない。此他曩に深發遠地々震を取扱つた F. J. Scrase, V. C. Stechschulte 等の論文にも P' に関する記述があるが、観測材料は二三を數へるに過ぎない。

以上は主として観測材料を掲げ、 P' の走時に關する吟味を行つた論文である。之に對し、地球内部の震波の速度分布を與へ之に依つて P' の走時を計算したものには、Gutenberg, Jeffreys, 等による多くの走時表があり。我國に於ては和達清夫、益田國母兩氏の計算されたものがある。

以上擧げた所を通觀するに何れも P' 波の走時に關する議論であつて、其の振幅に關する定量的のものは勿論、定性的のものすら少しく精細なものは見當らない。焦點の議論と雖も昔 Gutenberg が P' 波の震波線の經路と走時曲線と、之に加ふるに極く大體の記象の大さとより之を歸納したのに止まり、焦點附近の P' の勢力の Δ に對する消長に就て十分なる観測の結果之を實證した

(12) I. Lehmann, Die Bedeutung der europäischen Stationsgruppe für die Bestimmung von seismischen Laufzeitkurven. Verhandl. 5 Tag. Balt. Geod. Komm. Helsinki 1931.

(13) F. J. Scrase, The reflected waves from deep focus earthquakes. Proc. Roy. Soc. London (A) **132** (1931).

(14) F. J. Scrase, The Characteristics of a Deep Focus Earthquake: a Study of the Disturbance of February 20, 1931. Phil. Trans. Roy. Soc. London. (A). **23** (1932).

(15) V. C. Stechschulte, The Japanese Earthquake of March 29, 1928, and the Problem of Depth of Focus. Bull. Seism. Soc. Amer. **22**, (1932). No. 2

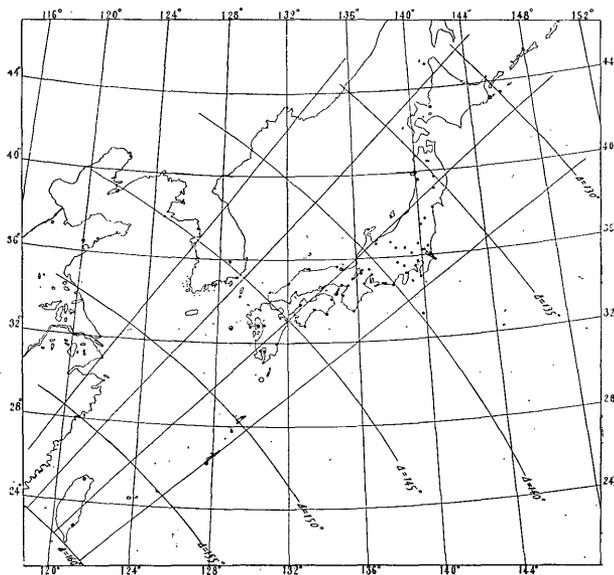
(16) K. Wadati and K. Masuda, On the travel time of earthquake waves (Part VI). Geophys. Mag. **8** (1934-35).

ものではなかつた。かくの如くして定められた焦点は其後何人も之を振幅の方面より定量的に確證することなくして今日に至つた。

3. 験測結果 本地震の震央は U.S.C.G.S. により $\lambda=72.5^{\circ}W$, $\varphi=6.5^{\circ}S$, J.S.A. により $\lambda=73.3^{\circ}W$, $\varphi=5.5^{\circ}S$ と與へられた。共に南米アマゾン河上流の一地點に當る。筆者は U.S.C.G.S. によつて與へられた震央を假に採用し、我國各地觀測所の震央距離を計算した。第1圖には我國の附近に於ける等震央距離線と之等に直交する大圓の弧とを示す。本圖を見れば此地震は P' の特性を研究する上に

我國で望み得る最も好都合なるものゝ一つであることが判る。其理由は (1) 日本列島の長軸が之等の大圓の弧の一と略々一致し、爲めに本邦各觀測所は此研究に對し最も能率よく Δ の廣範圍に亘つて配置されたと云ひ得、(2) P' の焦

第 1 圖 等 Δ 線及之に直交する大圓



(註) ●地震を記録した觀測所
○地震を記録しなかつた觀測所

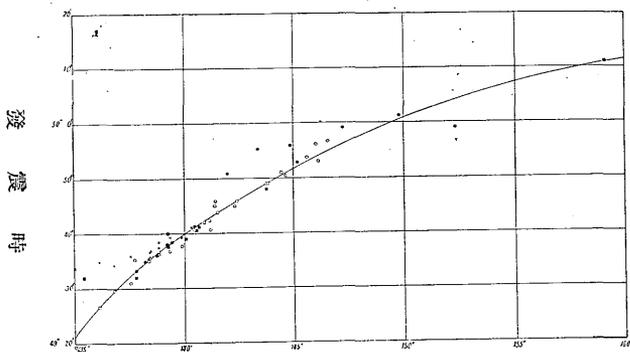
線が本州の中央に來り、從つて焦線附近の P' の様子が精細に研究され得るからである。

本地震は我國の觀測所の大部分に於て記録されたが、これを地震計に感じない觀測所も若干あり、又當然振幅の大なるべく期待される焦線附近の觀測所で極めて小なる記象を得てゐる所のあるのは特筆すべきことである。例へば焦線より僅か 150km と離れてゐない宮津、豊岡で記象が甚だ小さく、又蔭に當る

部分ではあるが岐阜が周囲の観測所に比して小さいことも特に我々の注意を惹く。第1圖に於て 53 個の黒點は本地震を記録し且つ其の記象を筆者自身で調査し得た観測所、8 個の白點は何の記録も残さなかつた観測所である。

之等の観測所の材料を用ひて引いた初動の走時曲線は第2圖の如くである。

第2圖 初動の走時曲線



(註) ○上下動 } e 相, × i 相
●水平動 }

此圖の震央距離は前述の震央より計算によつて定めたものであるが、實は此の震央は我國各地観測所の材料による等發震時線より推測される震央方向と若干

喰違つてゐるので、此の走時曲線は其爲めに観測點の若干のバラ付きは免れない。筆者は二次近似法により観測點のバラ付きを小さくする如き震央位置の移動を試み良好なる結果を得た。之に就ては次の報告で詳述する積りである。第2圖に於て、實線で描いた走時曲線は Macelwane, Brunner, Dahm 等によつて與へられた P_1' のそれとは Δ 軸に對する曲線の傾きに於て可成りの相違があり、又 Gutenberg 及 Richter によるものとも異なる。この實線は e 相に對するものであるが、 $\Delta < 140^\circ$ の範圍で i 相をとつて全範圍の走時曲線を考へて見ると、これは Gutenberg 等によつて與へられたものと可成りよく一致することがわかる。但しこれは曲線の傾きに關する議論であつて、時間に就て總體的に早い遅いの議論ではない。このことに就ては震源に於ける發震時を正確に決定した上でなければ何とも云ふことは出来ない。又此地震の記象を見るに Lehmann も述べてゐる如く、概して上下動に於ては水平動に於けるよりも初相が數秒早目に出てゐる傾向が見られる。

此地震の震源の深さを (1) 西歐に於ける $P \sim pP$ (2) 我國に於ける $P' \sim pP'$ (3) 我國に於ける $P' \sim H$ (H は震源に於ける發震時で U.S.C.G.S.によつて與

へられた値 $1^{h}31.3^m$ G.M.T. を其儘採用した) より獨立に求めて見ると概略ではあるが略と一致せる値 650km を得る。

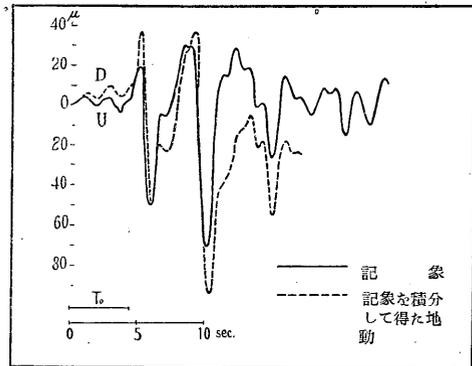
次に各地の記象の形を通觀するに、成分により又 Δ によつて可成りの違がある。

(1) 水平動。震動は比較的定常的であつて、衝擊性の波は初動の部分でも認められない。又 Δ によつて記象型にさしたる差異は認められず、何處でも同じ様な恰好の同じ様な振幅の震動が大約1分半位續いてから、多少週期の長い震動となり、夫と共に急速に減衰してゐる。平均の最大動の週期は南北動東西共に2.6秒であつた。

(2) 上下動。記象型は Δ によつて可成り違つてゐる。内核の蔭に當る部分では震動は水平動に於けると同様定常的であるが、焦線に近くなると様子が大分變つて、約4秒おきに二三回強い衝擊性の波が來てゐるのが目立つ。但し此の邊では未だ振幅の小さい定常振動的の波もあつて1分位續いてゐる。第3圖

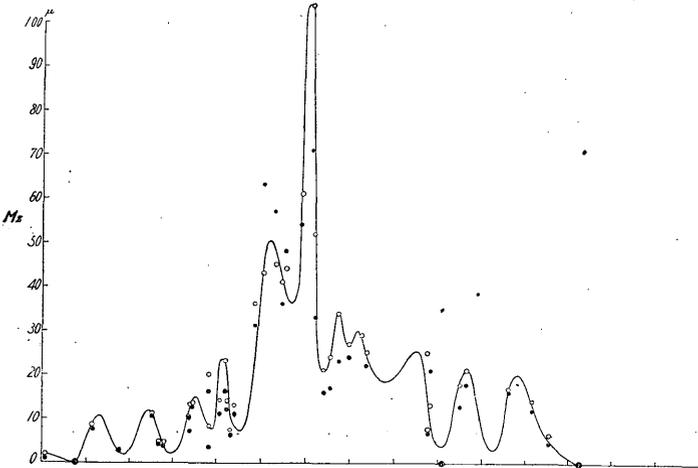
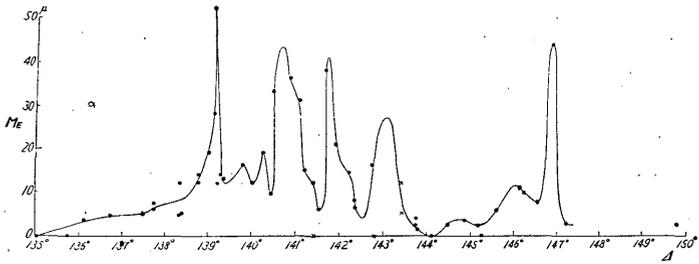
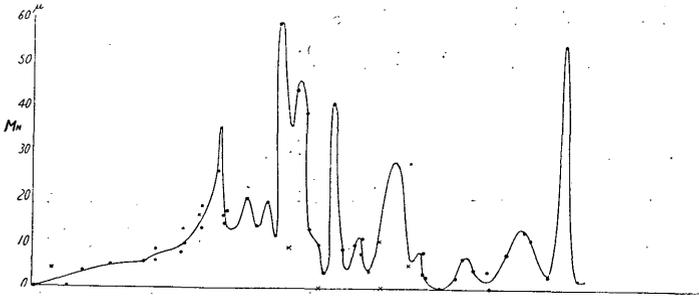
は龜山に於ける初動附近の實際の記象と、之を2度積分して求められた理論的の震動⁽¹⁾とを示すものであるが、見て直ぐ解る通り、地震計の描いたものと理論上の夫とは形、位相、振幅等に於て可成りよく一致してゐる。我々の想像とは些かかけ離れた様な短い週期の振動と、之に重つて振幅の大きい衝擊性の波とが來てゐることが判る。更に Δ が増して焦線より遠く離れるに従ひ、此の定常的の振動はずつと小さくなり、衝擊性の波も亦段々週期がのびて、記象の上には三つ四つの比較的丸味を帯びた波動だけが見える様になる。

第3圖 龜山に於ける上下動の初動部分



(1) 此の手續は河角氏の御好意によることを特記し謝意を表する。氏はインテグラフにより此の積分を機械的に遂行された。

第 4 圖 M~ Δ 曲 線



(註) ● Δ による値 } ウィヘルト式地震計による。
 ○Vによる値 }
 × Δ による値, 地動計或は簡單微動計による。

次に各地観測所に於ける震動の大きさを調べて見る。各地に於ける震動の様子は既に記した如く Δ が 140° 位より大なる地域の上下動を除く他は皆定常振動的であつて、記象上特に大きい震動は見られない。之は注目すべき現象である。今各地の震動の大きさを Δ に従つて比較して見ると興味ある一事實を見出す。それは震動の大きさが Δ と共に或る規則性を以て變化してゐることである。今この関係を定量的に示さんが爲めに、各地の記象中の最大動を讀取り、之を振動倍率 Σ で除したものを M_N, M_E, M_z , と Δ との関係を圖示して見ると第4圖の如くなる。同圖に於ける曲線は観測點に出来る限り忠實に引いたものである。同圖より次の諸事實を指摘することが出来る：(1) $\Delta=141^\circ$ (地表面地震に直せば 142°) 邊に於て震動の大きさは最大となる。震央距離のこの値は從來考へられてゐた焦線の位置とよく一致する。(2) 震動の大きさは $\Delta=141^\circ$ より Δ の大及び小なる方へ一様に小さくなつて行くものではなく、幾つかの極大極小を経ながら漸次に減少して行く。(3) 幾何光學的に内核の蔭となるべき部分に入り込む震波は然らざる部分に來るものに比し、焦線の附近に於ては其の勢力に於て劣勢ではない。(4) $\Delta=147^\circ$ 邊に焦線の部分に於ける強さと同程度の優勢な極大が現れる。(5) 振幅曲線は概して急激に極大より極小に又極小より極大にうつる。但しこの傾向は上下動に於ては水平動に於ける程著しくはない。

以上の観測結果を纏めて第1表に示す。

第 1 表

| 観測所 | Δ | 發震時: 10^b | | pP'~P' | 最大動振幅 | | | |
|-----|----------|--|--|--|--|--|--|--|
| | | e 相 | i 相 | | M_N | M_E | M_z | |
| | | | | | | | Σ による値 | Vによる値 |
| 盛岡 | 135.06 | $49 \begin{smallmatrix} m \\ s \end{smallmatrix} 19.4$ | $49 \begin{smallmatrix} m \\ s \end{smallmatrix} 33.8$ | $— \begin{smallmatrix} m \\ s \end{smallmatrix} —$ | $0 \begin{smallmatrix} \mu \\ \mu \end{smallmatrix}$ | $0 \begin{smallmatrix} \mu \\ \mu \end{smallmatrix}$ | $1.0 \begin{smallmatrix} \mu \\ \mu \end{smallmatrix}$ | $1.8 \begin{smallmatrix} \mu \\ \mu \end{smallmatrix}$ |
| 水澤 | 135.46 | 32 | 32 | — | 4.0 | 6.4 | — | — |
| 仙臺 | 136.12 | 26.5 | 34.9 | — | 3.4 | 3.4 | 7.4 | 8.6 |
| 福島 | 136.76 | 29.6 | 34.3 | 2 36 | 3.8 | 3.5 | 2.9 | 2.7 |
| 水戸 | 137.51 | 31 | 36.0 | — | 5.5 | 4.9 | 10.5 | 1.1 |
| 銚子 | 137.68 | 35.4 | — | — | 0 | 0 | 4.0 | 4.5 |
| 柿岡 | 137.78 | 31 | 31 | 2 42 | 8.1 | 7.3 | 3.5 | 4.4 |
| 宇都宮 | 137.79 | 33.2 | — | — | 5.7 | 6.0 | — | — |

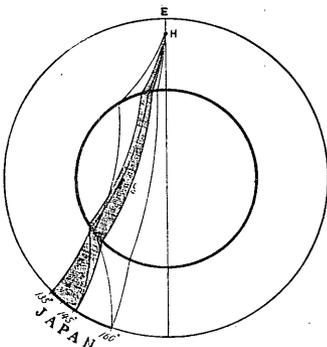
(1) Z成分に於ては材料不足の爲め此の現象が確められなかつた。

| 観測所 | Δ | 發震時: 10 ^h | | pP'~P' | 最大動振幅 | | | |
|-----|----------|----------------------|----------------------|------------------------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|
| | | e相 | i相 | | MN | ME | Mz | |
| | | | | | | | 窓による値 | Vによる値 |
| 熊谷 | 138.35 | ^m 49.35.0 | ^s 49.35.5 | ^m — | ^s 7.6 | ^μ 4.6 | ^μ 10.2 | ^μ 10.4 |
| 東京 | 138.39 | 35.9 | 37.0 | — | 13 | 12 | 7.1 | 13 |
| 前橋 | 138.42 | 35.5 | 36.8 | 2 34 | 9.7 | 5 | 12.5 | 13.5 |
| 追分 | 138.78 | 36.0 | 36.3 | — | 16 | — | — | — |
| 長野 | 138.81 | 36.6 | 37.5 | 2 46 | 13 | 14 | 3.5 | 8.2 |
| 富崎 | 138.81 | 36.3 | 38.5 | — | 18 | 12 | 16 | 20 |
| 船津 | 139.07 | — | — | — | — | 19 | 11 | 14 |
| 輪島 | 139.20 | 38.0 | 38.0 | — | 26 | 27 | 16 | 23 |
| 甲府 | 139.23 | 37.6 | 37.6 | 2 40 | 36 | 52 | 12 | 14 |
| 沼津 | 139.24 | 40.0 | — | — | 11 | 12 | — | — |
| 三島 | 139.31 | 36.7 | 39.3 | — | 14 | 14 | 6.2 | 7.1 |
| 富山 | 139.40 | 38.4 | 38.4 | 2 ⁽¹³ ¹⁷⁾ | 17 | 13 | 11 | 13 |
| 八丈島 | 139.86 | 37.7 | 39.3 | — | 19 | 16 | 31 | 36 |
| 御前崎 | 140.06 | 39.0 | 39.0 | — | 13 | 12 | 63 | 43 |
| 濱松 | 140.31 | — | 41.1 | — | 19 | 19 | 57 | 45 |
| 岐阜 | 140.48 | 40.6 | 41.4 | — | 11 | 9.5 | 36 | 41 |
| 名古屋 | 140.55 | 40.5 | 40.5 | — | 59 | 33 | 48 | 44 |
| 伊吹山 | 140.78 | — | — | — | 8.8 | — | — | — |
| 彦根 | 140.91 | 41.0 | — | — | 44 | 36 | 54 | 61 |
| 龜山 | 141.13 | 42.3 | — | — | 39 | 31 | 71 | 104 |
| 父島 | 141.20 | 40.7 | — | — | 13 | 15 | 33 | 52 |
| 京都 | 141.41 | 45.8 | — | — | 9.7 | 12 | 16 | 21 |
| 豊岡 | 141.54 | 43.8 | — | 2 13 | 3.3 | 5.9 | 17 | 24 |
| 大阪 | 141.75 | — | — | — | 41 | 38 | 23 | 34 |
| 神戸 | 141.99 | 50.8 | — | — | 8.4 | 21 | 24 | 27 |
| 和歌山 | 142.26 | 44.9 | — | 2 35 | 9.5 | 14 | 29 | 29 |
| 潮岬 | 142.39 | 44.8 | — | 2 ⁽²³ ²⁵⁾ | 7.6 | 7.9 | 22 | 25 |
| 洲本 | 142.40 | 45.0 | — | — | 11 | 6.2 | 小 | 小 |
| 徳島 | 142.79 | — | — | — | 10.3 | 16 | — | — |
| 室戸岬 | 143.46 | — | — | — | 5.1 | 5.0 | — | — |
| 營口 | 143.46 | 55.3 | — | 2 31 | 28 | 12 | — | — |
| 高知 | 143.75 | 49.0 | — | — | 8.0 | 3.9 | 20 | 25 |
| 濱田 | 143.76 | 50.0 | — | — | 3.2 | 2.4 | 6.5 | 7.6 |
| 廣島 | 143.81 | 49.0 | — | — | 2.4 | 1.2 | 2.1 | 13 |

| 観測所 | Δ | 發震時: 10 ^h | | pP'~P' | 最大動振幅 | | | |
|------------|----------|----------------------|-----|-------------|----------------|----------------|----------------|-------|
| | | e 相 | i 相 | | M _N | M _E | M _Z | |
| | | | | | | | 震による値 | Vによる値 |
| 仁川 | 144.50 | 49 51.0 | — | 2 24 | 2.4 | 2.6 | 13 | 18 |
| 清水 | 144.65 | 50.4 | — | 2 {25 27 | 6.9 | — | 18 | 21 |
| 大邱 | 144.88 | 55.9 | — | — | 4.5 | 3.2 | — | — |
| 釜山 | 145.20 | 52.8 | — | — | 4.0 | 2.2 | — | — |
| 福岡 | 145.61 | 53.7 | — | 2 38 | 7.8 | 5.9 | 16 | 17 |
| 熊本 | 146.02 | 56.1 | — | 2 39 | 13 | 14 | — | — |
| 宮崎 | 146.17 | 53.0 | — | 2 29 | 11 | 11 | 12 | 14 |
| 温泉岳 | 146.27 | — | — | 2 27 | — | 10 | — | — |
| 長崎 | 146.57 | 56.6 | — | 2 33 | 2.8 | 7.9 | 4.5 | 6.1 |
| 鹿兒島 | 146.97 | — | — | — | 55 | 44 | — | — |
| 富江 | 147.25 | 59.1 | — | — | 2.2 | 2.6 | 小 | 小 |
| 名瀬 | 149.80 | 50 01.3 | — | — | 2.3 | 2.3 | — | — |
| 那覇 | 152.68 | 49 59 | — | — | 7.4 | — | — | — |
| 臺東 | 159.08 | 50 11.0 | — | — | — | — | — | — |
| (Peichiko) | 152.32 | 46 59 | — | — | 11 | 12 | — | — |

4. 結果に対する考察 我々の重大な仕事は第4圖に於ける M~ Δ 曲線の有する意味を究明することに在る。その爲めになすべきことは先づ Δ に従つて M を變化せしめる如き種々の因子を拾ひ出し、之等の影響を吟味することである。

第5圖 震波線圖



今かゝる因子として我々が普通に考へ得るものを次に列挙すれば、(1)發震機構 (2) 内核の表面に於ける反射屈折 (3) 地表面に於ける反射 (4) 震波線の擴がりの影響 (5) 震波線に沿ふての勢力の減衰である。

扱て之等の原因を一々検討した結果によれば、之等の影響は M をして第4圖に示す如き變化を起さしむべく餘りに小さいものであり、且つ夫等の影響は殆ど凡て Δ と共に單調に變化し第4圖の如き振動的のも

のでないことが知れる。それは次の簡単な吟味によつて解る通りであるが、單に次表を見ただけでも明かである。次表は第4圖 M~Δ 曲線に於ける Δ の最小及最大値なる 135° 及 146° に對する震波線(第5圖 f₁, f₂)に屬する各種の量を示したものであつて、Macelwane の走時表を基とし震波線の關係式 $\frac{r \sin i}{v} = \text{const}$ によつて計算したものである。

| Δ \ H | 0km: v ₀ = 3.5km/sec, 5.0km/sec | | 650km: v = 10.4km/sec | 2910km: v = 13.0km/sec | | | |
|-------|--|-----------------|-----------------------|------------------------|--------|---------|--------------|
| | i ₀ (v ₀) | Δi ₀ | i | Δi | i | Δi | A'/A Δ(A'/A) |
| 135° | 3°37' (3.5km/sec) | } 43' | 12° 03' | } 2° 27' | 25°32' | } 5°22' | } 0.870 |
| | 5 10 (5.0) | | | | | | |
| 146 | 2 54 (3.5) | } 1°03' | 9 36 | | 20 10 | | } 0.917 |
| | 4 07 (5.0) | | | | | | |

(1) 發震機構の影響。上表に見る如く、震源に於ける震波線の開きの角は僅に 2°27' であるから、この爲めに M に大なる變化は生じないと思はれる。

(2) 内核の表面に於ける反射屈折の影響。この影響に就ては本多、杵島、窪田三氏の計算されたものがある。今の場合内核表面に於ける震波の入射角は上表に示す如き値をとり、震波線 f₁, f₂ の入射角の差は高々 5° 程度であるから、この影響も小さいことが略々想像されるが、上表の数値を見て一層明確である。同表の A は内核入射直前の P 波の振幅、A' は内核通過直後の振幅であつて、即ち A'/A は P 波が内核を通過した爲めに振幅の減少する割合を示す量である。f₁, f₂ に對する A'/A の差は僅々數 % で、而も之は Δ と共に單調に變るものである。但し之等の數値は内核境界面の内外に於ける常數に次の如き數値を與へる場合に得られるものである。

| | 密度 | P 波の速度 | S 波の速度 |
|--------|-----------------------|------------|------------|
| 境界面の外側 | 6.0gr/cm ³ | 13.0km/sec | 7.25km/sec |
| " 内側 | 9.5 | 8.5 | 0 |

(3) 地表面に於ける反射の影響。地表面に於ける入射角 i₀ を v₀ = 3.5km/sec 及 5.0km/sec なる 2 つの場合につき求めて見ると、前表に掲げた如く何れも 5° 以下である。而も f₁, f₂ に於ける差は 1° 内外の小なる値であるから、考慮の必要はない。

(4) 震波線の擴がりの影響、(5) 震波線に沿ふての勢力の減衰、吸收。之等に就ては別に計算を試みなかつたが、(4) に於ては震波線の擴がり方は、内核の表

面に於ける f_1, f_2 の入射角が小なる故、 Δ と共に大した變化はないことが想像され、(5) に就ては従來の P' 波の觀測より見ても途中の減衰吸收等は小さいものであり、且つこゝに取扱ふ範圍内では Δ に従つてさした變化はなく且つ單調であると思はれる。

以上、考へ得る種々の因子に就き吟味を試みたが、結局第 4 圖に示す如き M の變化は之等の因子によつては生じないことを知つた。筆者はこゝに於て之を説明する爲に従來考へられてゐなかつた震波の内核による廻折及干涉を考へて見た。

5. 波動光學的類似 光學現象に於て、點光源とスクリーンとの間に光學的障礙物を置けば之より出る光線はスクリーン上に明暗の縞を生ずることが知られてゐる。此の光學的現象に類似の現象が光波を地震波に代へ、内核をレンズと見做し、地表面をスクリーンと見て、地球の内核を通過する地震波に對して行はれはしないだらうか。

地震波も光波も共に波動といふ點に於ては同一のものであることが、地震學に於ける震波線の議論を幾何光學の夫を其儘適用して事實と何等矛盾を生ずることなく此處まで發達せしめて來たのであるが、之を更に擴張して、波動光學的諸現象と其議論とを地震學的諸現象と其の議論とに適用することは出來ないであらうか。此の問題を解決するには地震波と光波との夫々の特性を検討し、併せて地震波の媒體たる地球の構造と大いさが、波動光學的現象に類似の現象を實際觀測に可能なるスケールとオーダーに於て現出せしめ得るものであるか否かを調べる必要がある。今此の一般的の議論は他の機會に譲り、筆者は當面の問題に對してのみ必要な考察を加へて見よう。

先づ光波が廻折現象を生ずる爲めには (1) 波動に相當の長さの連結 (coherence) の存在すること、(2) 光源が一點なること、の二條件が必要である。而してこゝに取扱ふ P' 波は此の二條件を共に充じてゐる。何となれば、(1) $\Delta > 140$ の範圍の上下動に於ては稍不十分であるが、それを除く他は何れも波動に相當の長さの連結の存在することは既に述べた通りであり、(2) 震源に於ける發震の有様は點光源的特性を持つものと見做し得るからである。但し此の場合地球内の震波は主として次の二點に於て普通の光學系と異なるけれ共、それは廻折現象

にとつて考慮すべき根本條件ではないと思はれる：(1) 光波は横波なるに對し P' 波は縦波なること，(2) 媒體が光學系の如く一様でなく，其爲め震波の波長が絶えず變化すること。

以上，此處に取扱つた震波の場合が波動光學現象に類似せしめ得られるか否かに就き一應の考察を試みた。然らば此の場合最も類似せる光學的モデルは何かといふに，その一つとして虹がある。其の水滴又は霧滴を地球の内核に對應せしめれば其まゝ當面の問題に引直すことが出来る。

但し此處に現はれた振幅の縞には第2節(3)の項で述べた如き著しい特徴があり，虹群又は單なる一枚のレンズによる廻折像とは其の趣を異にしてゐる。此の如き大なる第二の極大の生ずる所以は恐らく P'_1 と P'_2 との雙方の廻折像の干涉にあると思はれる。此の考を裏書きする一事實は丁度第一と第二の大なる極大の中間即ち $\Delta=144^\circ$ 邊でエネルギーが一般的に弱まつてゐることである。即ち P'_1 による廻折像と P'_2 による夫との位相が焦線で一致して互に強め合ひ，それより Δ が増すに従つて漸次位相がづれると共に強さを減じ $\Delta=144^\circ$ 邊で其のづれが π となつて最も弱め合ひ，更に Δ が増すに従ひ再び強くなつて $\Delta=147^\circ$ で最も強め合ひ第二の大なる極大をつくるものと考へられる。此の見方の定量的確認は後の機會に譲る。

6. 結語 此の問題は更に豊富な觀測材料に基き事實の確認に努め，其上で定量的取扱に入り度いと思つてゐる。又虹の類似を取入れた理論的考察も試みる積りである。光學に於ける普通の場合と異り，波動を傳へる媒質が均質でないことは，此の問題の理論的取扱を困難ならしめる大なる障碍であるが，若し之等の困難が克服せられ，此の問題の完全なる解決が見られたならば，宛も光學に於て幾何光學より波動光學に躍進せる時と同様の進歩が地震學及地球物理學全般に亙つて爲され，地球内部に於ける地震波傳播の有様，地球内部の構造等が一層精細に判明するであらう。

本調査に際し有益なる御注意を頂いた岡田臺長及び藤原，和達兩博士に深謝し又各測候所各位並びに本臺地震掛の本多博士，鷺坂氏其他の諸氏より賜つた御協力及製圖の勞を執られた地震掛波佐谷氏に對し深甚の謝意を表する。

(昭和11年5月20日 中央氣象臺にて)

(1) 藤原先生の御注意による。